

## ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

УДК 621.18

## ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КОНДЕНСАЦІЙНИХ КОТЛІВ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

Л. А. Боднар, О. В. Дахновська, Д. Р. Сорочинський

## TENDENCIES OF DEVELOPMENT BOILER LOW POWER

L. Bodnar, O. Dahnovska, D. Sorochynsky

*Розглянуто історичні етапи розвитку теплообмінників та підігрівників конденсаційних котлів. Проведено класифікацію конденсаційних котлів малої потужності.*

*Систематизовано інформацію по масогабаритних характеристиках котлів вітчизняного і закордонного виробництва та проведено сумісний аналіз їх показників. Виконано аналіз екологічних показників конденсаційних котлів. Надані практичні рекомендації щодо застосування конденсаційних котлів.*

*Проведено аналіз ринку одноконтурних та двоконтурних настінних конденсаційних котлів.*

*Рассмотрены исторические этапы развития теплообменников и подогревателей конденсационных котлов. Проведена классификация конденсационных котлов малой мощности.*

*Систематизирована информация по массогабаритным характеристиках котлов отечественного и зарубежного производства и проведен совместный анализ их показателей. Выполнен анализ экологических показателей конденсационных котлов. Даны практические рекомендации относительно применения конденсационных котлов.*

*Проведен анализ рынка одноконтурных и двухконтурных настенных конденсационных котлов.*

*Considered historical stages of development of heat exchangers and heaters condensing boilers. Classification of condensation boilers of low power.*

*Systematized information on the weight and size characteristics of boilers of domestic and foreign production and the joint analysis of their performance. Analysis of the environmental performance of condensation boilers. Practical recommendations regarding the application of condensing boilers.*

*The analysis of the market of single-circuit and double-circuit wall-hung condensing boilers.*

**Вступ**

Вичерпання традиційних органічних палив та постійне підвищення цін на них (як наслідок) спричиняють значний інтерес громадськості до енергоощадних способів використання палив. Конденсаційна техніка – сучасне високоефективне обладнання, що дозволяє якнайповніше використовувати теплоту продуктів згорання газу. Таке обладнання стрімко розвивається і вже широко представлене на ринку опалювального обладнання України.

**Метою даної роботи** є систематизація наявної інформації по конденсаційних котлах малої потужності (до 100 кВт) і сумісний аналіз їх показників.

**З історії конденсаційної техніки**

Принцип роботи конденсаційних котлів був відомий більше 100 років тому [1], але ефективно почав використовуватись, коли з'явилась можливість використання корозійностійких сплавів.

Перші моделі конденсаційних газових котлів з'явилися ще в 50-х роках в Європі. Вони не були достатньо досконалими (сталь і чавун швидко руйнувались під дією корозії), але вже давали можливість економити паливо.

В 70-х роках минулого століття теплообмінники котлів виконувались із нержавіючої сталі і не кородували. В колишньому СРСР проводились розробки і дослідження із встановлення

емальованих і скляних підігрівників, що працювали в режимі конденсації. Вони підігрівали повітря, що подавалось в топку. Але емальоване обладнання не мало тривалого терміну служби, а скляне – билось при монтажі [2].

В 90-х роках з'явилися публікації про використання чавунних конденсаційних економайзерів на котлах великої потужності [3].

Огляд патентної інформації показав [4], що в Україні досить мало запатентованих конструкцій конденсаційних котлів, в той час як в Росії [5] цим питанням займаються досить активно.

За інформацією Internet видань [6] в Україні розробки конденсаційних котлів ведуть фірми "Колві" та ОАО "РОСС", СП "Укрінтерм", акціонерне товариство Aton (м. Красилів). Вже є в продажі перші конструкції вітчизняних конденсаційних котлів. В Україні також практикується випуск конденсаційних котлів з використанням імпортованих комплектуючих, наприклад фірма "Провітерм". Основу продукції складають двоконтурні підлогові сталеві апарати потужністю від 7 до 100 кВт, які комплектуються автоматикою безпеки та регулювання від фірм Sit group (Італія) і Honeywell (США) [7]. Але широкого розповсюдження вітчизняні розробки поки що не набули.

В європейських країнах намітилась така тенденція появи перших конденсаційних котлів: 1981 рік – з'явився перший конденсаційний котел фірми Buderus [8]; 1989 рік – котел фірми Junkers [9]; 1992 рік – котел фірми Viessmann [10]; 1997 рік – поява конденсаційного котла фірми Wolf [11]; 2000 рік – котел фірми Immergas [12]; 2001 рік – перша партія котлів Protherm [13], 2011 рік – перший конденсаційний котел на рідкому паливі Vitorodens-200-T фірми Viessmann [14].

### Сучасні конденсаційні котли

Сучасні конденсаційні котли можна класифікувати за такими ознаками: за способом монтажу: настінні (до 100 кВт), підлогові; за типом камери згорання: відкрита, закрита; за типом палива: газоподібне (природний газ, зріджений газ, біогаз [15]), рідке; за функціональним призначенням: одноконтурні (для опалення), двоконтурні (для опалення та гарячого водопостачання), в комплексі; за типом теплообмінника: виносний, вбудований в котел; за матеріалом теплообмінника: сірий чавун, нержавіюча сталь, алюмінієві сплави (силуміни, дюралюміні), біметал.

Основні переваги конденсаційних котлів [16, 17, 18]: невеликі габарити котлів і котельних; економія газу до 35 % внаслідок високої ефективності; глибока модуляція (значна економія палива на частковому навантаженні); можливість каскадної установки; низький рівень шуму і понижена вібрація (в порівнянні з дуттєвими традиційними котлами); низькі викиди  $\text{NO}_x$  і  $\text{CO}_2$  (в 5-7 разів нижчі, ніж у традиційних котлів); безпечні та надійні (системи захисту від замерзання автоматика безпеки, захист від утворення накипу, системи антиблокування циркуляційного насоса, системи захисту від високого тиску в системі опалення); функціональність (сумісність роботи із сонячними колекторами і теплою підлогою, можливість підключення системи керування через internet, електронна система діагностики).

Конденсаційні котли на ринку опалювального обладнання України представлені такими іноземними виробниками [1, 2, 6-13]: Sime, Baxi, Ferroli, Beretta, Nova Florida, Westen (Італія); Viessmann, Vaillant, Bosch, Buderus (Німеччина); Demrad, E.C.A (Туреччина), Protherm (Чехія). Українським виробником ТОВ "Атонмаш" виготовляються котли Aton Eco Comfort [7].

### Екологічні показники конденсаційних котлів

В ДСТУ EN 677-2001 [19] не нормуються шкідливі викиди від конденсаційних котлів.

Сучасні виробники конденсаційних котлів дотримуються екологічних нормативів "Blauer Angel". Більшість виробників конденсаційної техніки наводять такі дані: CO не перевищує 20 мг/(кВт·год),  $\text{NO}_x$  – 15 мг/(кВт·год).

За даними [20] в конденсації може розчинятися до 40 % діоксиду азоту та вуглецю до 20 %. Остання обставина є суттєвою перевагою даної технології та обладнання над іншими, в яких не реалізується глибоке охолодження димових газів.

### Теплообмінники конденсаційних котлів

Для виготовлення конденсаційних теплообмінників застосовують нержавіючу сталь, чавун, мідь, біметалічні труби (сталь-алюміній), полімерні матеріали і навіть кераміку.

Застосування корозійно-стійких матеріалів дозволило створити конденсаційні теплообмінники також і для утилізації теплоти відхідних газів рідкого палива і навіть біогазу.

В Європі біля 65 % котлів виробляється з теплообмінниками із легованого алюмінію і 35 % – з теплообмінником із нержавіючої сталі [21].

Перевага алюмінієвих сплавів при виробництві теплообмінників: технологічний процес лиття дозволяє створювати складну внутрішню геометрію ребристих труб, що забезпечує високу теплопередачу; коефіцієнт теплопровідності  $\lambda=215\ldots225$  Вт/(м·К). Недоліки: алюміній кородує під дією кислотного конденсату, утворюється осадок – гідроокис і сульфат алюмінію; необхідне чищення поверхонь нагріву. Сплави алюмінію з кремнієм надійно працюють під дією конденсату.

Перевага теплообмінників з нержавіючої сталі: відсутність корозії, довговічність; недолік – більш висока вартість, наявність зварного технологічного шва на теплообміннику.

Фірма Buderus [21] використовує алюмінієві сплави з вмістом кремнію і титану (Al=89,45...87,2 %; Si=9...11 %; Mg=0,2...0,5 %; Mn=0,001...0,4 %; Fe=0,5 %; Cu=0,05 %; Ni=0,05 %; Zn=0,1 %; Ti=0,15 %).

Фірма Viessmann [22] використовує нержавіючу сталь з таким складом: C≤0,08 %; Si≤1 %; Mn≤2 %; P≤0,045 %; S≤0,03 %; Cr=16,5-18,5 %; Mo=2-2,5 %; Ti≤0,7 %; Ni=10,5-13,5 %.

### Пальники конденсаційних котлів

В таких котлах використовуються високотехнологічні пальники, які забезпечують приготування паливно-повітряної суміші в оптимальних для даного режиму горіння пропорціях (з безперервним контролем співвідношення "газ-повітря"). Набули використання моделі керамічних пальників із блакитним полум'ям (в тому числі з реверсивним полум'ям) і технології повного попереднього змішування. Фірма Viessmann розробила пальник Matrix-compact, що являє собою півсферу із двох жаростійких металевих сіток, на які подається газоповітряна суміш. Горіння відбувається на поверхні сіток і завдяки цьому температура в топці значно нижча, ніж в звичайних атмосферних пальниках. Це дозволяє знизити кількість шкідливих викидів NO<sub>x</sub> до 16 мг/(кВт·год), що в 3,5 раза нижче, ніж вимоги міжнародних норм "Blauer Angel". Пальник має рівень модуляції 1:4 і практично безшумний [23].

### Практичні рекомендації щодо застосування конденсаційних котлів

Конденсаційні котли максимально ефективно працюють з низькотемпературними системами опалення (50/30 °C; 60/40 °C; максимум 70/50 °C) [18].

Для видалення димових газів необхідно застосовувати пластикові чи керамічні димоходи [18].

Якщо конденсаційний котел встановлюється в існуючу систему опалення, то в димоході необхідно зробити вставку із кислотостійкого матеріалу. Це можуть бути алюміній, боросилікатне скло, кераміка, шамотні матеріали, різні полімерні матеріали, нержавіюча сталь [18].

Для виконання каналізаційних труб для відведення конденсату слід використовувати такі матеріали: керамограніт, полівінілхлорид (PVC), поліетилен загальнотехнічного призначення (PE-HD), поліпропілен (PP), акрилонітрил-стирол-акрилат (ASA), чавун з внутрішнім емальюванням, сталь з внутрішнім полімерним покриттям, боросилікатне скло [24].

В установках великої потужності (більше 100 кВт) необхідно застосовувати нейтралізатори конденсату.

### Систематизація інформації по конденсаційних котлах

Систематизація інформації проведена на основі даних розміщених на Internet-сайтах виробників котлів, а також рекламних проспектів виробників.

Результати систематизації інформації про конденсаційні котли подані на (рис. 1-2).

Аналіз результатів систематизації показує, що ринок настінних конденсаційних котлів як одноконтурних, так і двоконтурних, зосереджений в діапазоні потужностей 15-40 кВт. Це пов'язано з великим попитом споживачів саме на невеликі побутові котли. Виробництво підлогових конденсаційних котлів зосереджено в діапазоні потужностей 25-50 кВт. І саме в цьому діапазоні присутні найбільші питомі масогабаритні показники котлів.

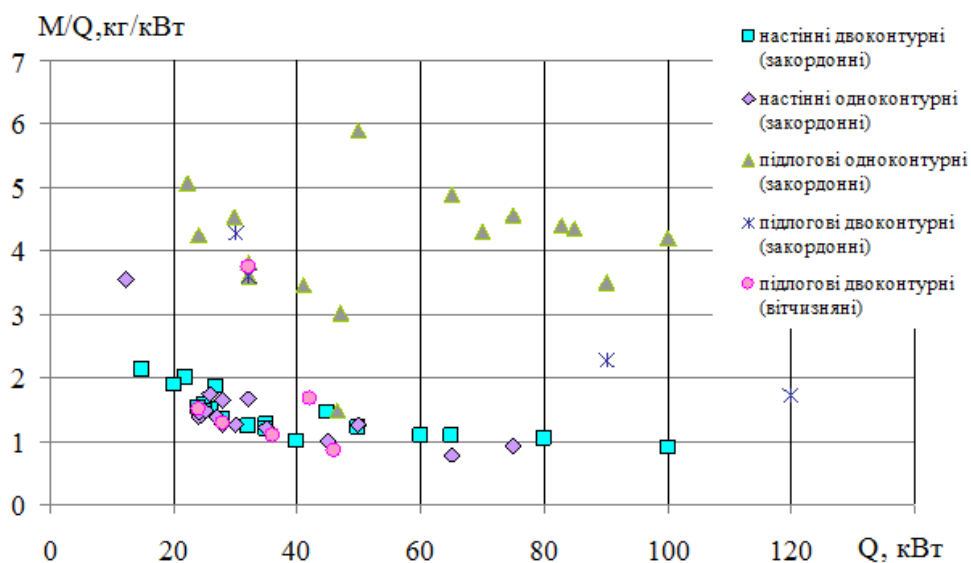


Рис. 1. Залежність питомої маси котлів  $M/Q$  в залежності від їх потужності  $Q$ , способу монтажу та функціональності

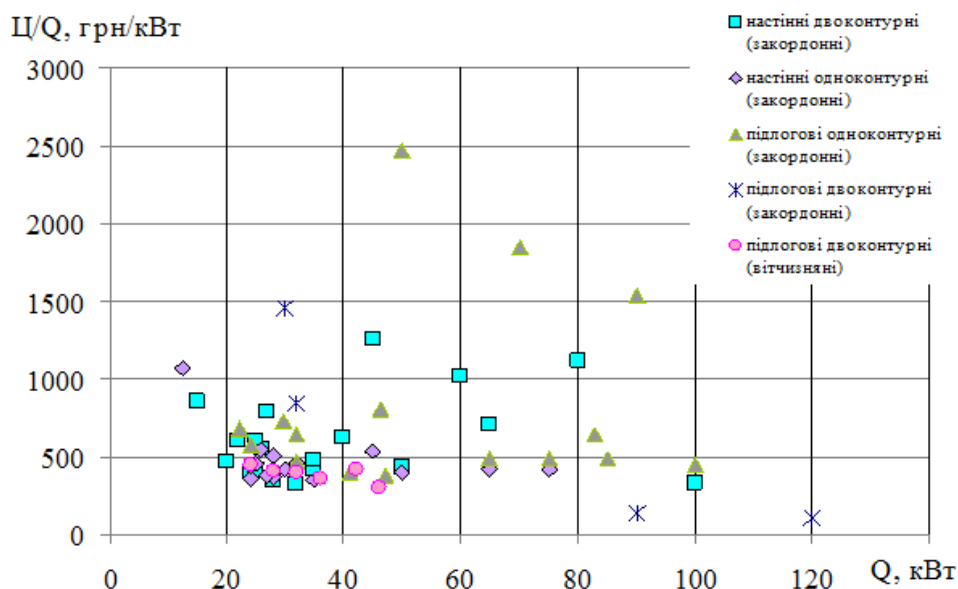


Рис. 2. Залежність питомої вартості котлів  $Ц/Q$  в залежності від їх потужності  $Q$ , способу монтажу та функціональності

В цілому масогабаритні показники вітчизняних котлів знаходяться на рівні показників закордонних апаратів. Але ціна закордонних аналогів відрізняється в 2...3 рази, особливо для котлів потужністю до 50 кВт. Така відмінність пояснюється меншою складовою заробітної плати в ціні продукції в Україні, величиною ввізного мита на закордонну продукцію, нижчими витратами на дизайн котла [25]. Але основною причиною високої вартості закордонних котлів є високий ступінь автоматизації котла, використання дорогих якісних сплавів для деталей котла, використання сучасних низькоемісійних паливників, що забезпечує зменшення викидів в навколишнє середовище.

### Висновки

- В зв'язку із значним здорожчанням природного газу, виникла потреба у пошуку шляхів його економії.
- Конденсаційна техніка малої потужності стрімко розвивається і представлена на ринку

- опалювального обладнання України в основному іноземними виробниками.
- Ринок настінних конденсаційних котлів як одноконтурних, так і двоконтурних, зосереджений в діапазоні потужностей 15-40 кВт. Виробництво підлогових конденсаційних котлів зосереджено в діапазоні потужностей 25-50 кВт. В цілому масогабаритні показники вітчизняних котлів знаходяться на рівні закордонних апаратів. Але ціна закордонних аналогів вища в 2...3 рази, особливо для котлів потужністю до 50 кВт.
- Необхідно проводити ґрунтовну наукову і конструкторську роботу в області створення сучасного конкурентноздатного вітчизняного конденсаційного обладнання.

#### Використана література

1. Захаренко-Березянская Ю. Украинский рынок конденсационных котлов. Тенденции и перспективы. Режим доступа : Электронный журнал "Сантехника. Отопление. Кондиционирование." <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/223>.
2. Конденсаційні котли Baxi. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.baxi.ua/ua/page/baxi-news/kondensacijni-kotly-baxi.html>.
3. Кудинов А. А. Анализ эффективности применения конденсационного теплоутилизатора за котлом ДЕ-10-14ГМ / А. А. Кудинов, В. А. Антонов, Ю. Н. Алексеев // Промышленная энергетика. – № 3. – 1997. – С. 8-10.
4. Державне підприємство "Український інститут промислової власності". [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://base.ukrpatent.org/searchINV/search.php?action=search>.
5. Библиотека патентов и изобретений зарегистрированных на территории РФ. [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.findpatent.ru/search.pl?save=1&keyword>.
6. ООО "Компания – Спецтехнология". [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://electroteplo.com.ua>.
7. Швець Я. С. Побутові газові котли: підбір, встановлення, експлуатація / Я. С. Швець. Вид. 2-е перероб. і доп. – Львів: ЕКОінформ. – 2008. – 264 с.
8. Представництво компанії Buderus в Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу [http://www.buderus.ua/?page\\_id=852](http://www.buderus.ua/?page_id=852).
9. Представництво компанії BOSCH в Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.bosch.ua>.
10. Представництво компанії Viessmann в Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу [http://viesservice.ru/o\\_viessmann/istoriya\\_viessmann](http://viesservice.ru/o_viessmann/istoriya_viessmann).
11. Представництво компанії Wolf в Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://wolfcenter.ru/history.html>.
12. Водна техніка. [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.komfort.com.ua/ru/trademarks/immergas>.
13. Protherm – решения для отопления и подготовки горячей воды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://protherm.ua>.
14. Первый в России конденсационный дизельный котел. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.kotel1991.ru/pages/1277>.
15. Конденсаційні котли на біогазі Viessmann. [Електронний ресурс]. – Режим доступу [http://www.viessmann.ru/ru/einzwweifamilienhaus/Energietraeger\\_und\\_Heizsysteme\\_im\\_Ueberblick/heizen\\_mit\\_brennwerttechnik.html](http://www.viessmann.ru/ru/einzwweifamilienhaus/Energietraeger_und_Heizsysteme_im_Ueberblick/heizen_mit_brennwerttechnik.html).
16. Целесообразность применения конденсационных котлов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа [http://www.truba.ua/artic/ua\\_683](http://www.truba.ua/artic/ua_683).
17. Каныгин А. В. Конденсационные котельные установки средней мощности в централизованных тепловых сетях / А. В. Каныгин // Энергетика та електрифікація – № 11. – 2008 р. – С. 11-20.
18. Конденсационный котел. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://ru.teplowiki.org/wiki>.
19. ДСТУ EN 677-2001. Котли газові центрального опалення; Спеціальні вимоги для конденсаційних котлів з номінальною тепловою потужністю не більшою ніж 70 кВт (EN 677:1998, IDT) / В. Полянський (пер. І наук.-техн. ред.). – Чинний від 2003.01.01 – офіц. вид. – К.: Держстандарт України, 2002. – IV, 11 с. – (Національний стандарт України).
20. Навродська Р. О. Утилізація теплоти відхідних газів газоспоживаючих котлів у поверхневих теплоутилізаторах конденсаційного типу. Автореферат дисертації на здобуття наукового

- ступеня кандидата технічних наук.– Київ, 2001 р.
21. Почему расход топлива у конденсационных котлов ниже . [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.buderus.ua/files/201208081603420.Buderus%20Newsletter82.pdf>.
  22. Какой должен быть теплообменник конденсационного котла? [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://kotel.ua/article/item/energy-efficiency/article/teploobmennik.html>.
  23. Газовые конденсационные настенные одноконтурные котлы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.barrakuda.com.ua/kondensaczionnyie.htm>.
  24. Милова Л. Г. Проектирование систем с конденсационными котлами. Електронний журнал "Сантехника. Отопление. Кондиционирование." Режим доступа <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/2718>.
  25. Степанов Д. В. Технічні та екологічні показники водогрійних котлів потужністю до 100 кВт / Д. В. Степанов, С. Й. Ткаченко, І. Г. Чорна // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – № 1. – С. 114-117.

**Боднар Лілія Анатоліївна** – к.т.н., ст. викладач кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.

**Дахновська Ольга Вікторівна** – аспірант кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.

**Сорочинський Дмитро Романович** – студент Інституту будівництва, теплоенергетики та теплогазопостачання.